

## **ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ РАДІАЦІЙНО-ЗАХИСНИХ ПОКАЗНИКІВ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ СТВОРЕННЯ РОБОЧОГО ОДЯГУ**

*В. В. МОРГУНОВ, асистент кафедри загальної і експериментальної фізики*

*О. М. ЧЕРНЯК, асистент кафедри охорони праці, стандартизації та сертифікації*

*Н. В. ДІДЕНКО, асистент кафедри метрології та безпеки життєдіяльності*

*Українська інженерно-педагогічна академія, України, м. Харків*

Сучасне життя важко уявити без атомної енергетики та радіаційних технологій. Так, радіаційні технології за останні десятиліття широко проникли в різні сфери життєдіяльності людини: у виробництво матеріалів - поліпшення властивостей матеріалів; в медицину - для діагностики і терапії онкологічних захворювань, стерилізації медичних матеріалів і виробів; екологію - очищення димових газів і промислових стоків; в геологорозвідки та видобутку корисних копалин; в сільському господарстві - знезараження продуктів харчування та ін. А на атомних електростанціях виробництво електроенергії в світі складає 14% від її загального обсягу. Кількість працюючих в цих галузях оцінюється десятками мільйонів. Так, за даними МАГАТЕ [1], більше 7,4 мільйонів чоловік працюють тільки в галузі радіаційної медицини. І кількість працюючих у цих галузях буде тільки збільшуватися, що призводить до необхідності розробки нових і вдосконалення існуючих радіаційно-захисних матеріалів (РЗМ) для створення робочого одягу, у тому числі і тих, до складу яких не входить токсичний свинець, що вимагає особливої утилізації після закінчення терміну експлуатації. Для цього необхідне розуміння природи іонізуючого випромінювання, процеси взаємодії заряджених частинок, фотонів і нейтронів з речовиною, залежності цих взаємодій від типу іонізуючого випромінювання, його енергії і характеристик речовини. Нерозуміння цього призвело до створення безсвинцевих РЗК, які при дії на них іонізуючого випромінювання були джерелами характеристичного рентгенівського випромінювання [2].

Одним з перспективних методів розрахунку сучасних радіаційно-захисних матеріалів є чисельне моделювання. Серед розрахункових методів найбільшого поширення набув метод Монте-Карло. Метод Монте-Карло має особливе значення в моделюванні проходження іонізуючого випромінювання через речовину. Частинки створюються відповідно до правил, які визначають їх тип, енергію і початковий напрямок. Їх взаємодія з електронами і ядрами в матеріалі, що цікавить, описуються імовірнісною функцією за допомогою випадкових чисел, і дозволяють простежити історію частинки, як вона втрачає енергію в межах модельованого середовища, або створює інші частинки, й в остаточному підсумку "вмирає", чи не виходить за межі зацікавленої геометрії та чи не падає її енергія нижче заданого порогу. Метод Монте-Карло на даний

момент один з найбільш потужних методів розрахунку карти доз, поглиненої дози, пробігу заряджених частинок, нейтронів і гамма-випромінювання в речовині, радіаційного захисту і т.п.

Існує кілька програмних комплексів, що реалізують метод Монте-Карло. Найбільшого поширення набули такі програмні комплекси: EGSnrc [4], Geant4 [5], MCBEND [6], MCNP та ін. Всі програмні пакети, що реалізують метод Монте-Карло, складаються з наступних основних блоків:

- блок введення геометрії і матеріалів;
- фізичний модуль, за допомогою якого визначають фізичну модель і який виконує розрахунки;
- блок виводу результатів (у текстовому або графічному вигляді).

Основне завдання при імплементації програмних пакетів, що реалізують метод Монте-Карло - це введення геометрії джерела випромінювання, геометрії та складу опромінюваної продукту. Історично склалося, що ця інформація вводиться за допомогою текстових файлів, що може призвести до помилок. Деякі пакети (наприклад, Geant4) дозволяють програмно вводити цю інформацію. Даний спосіб потужніший у порівнянні з введенням за допомогою текстових файлів, так як дозволяє використовувати мови програмування високого рівня і одержуваний код може бути дуже компактним і легше піддається верифікації. Фізичний рушій, який є центральною частиною методу Монте-Карло, повинен бути параметризований користувачем перед початком розрахунків. У ці параметри входять: розмір кроку трекінгу; мінімальна межа; енергія частинки, а також задаються фізичні ефекти взаємодії частинок з речовиною.

Проаналізувавши характеристики комп'ютерних пакетів, що реалізують метод Монте-Карло і дозволяють моделювати проходження іонізуючого випромінювання через речовину, визначили, що пакет Geant4 має більшу кількість модельованих часток, більший діапазон енергії та можливість моделювати рухомі об'єкти.

### **Література**

1. IAEA. The IAEA Promotes Radiation Protection of Patients and Health Professionals // International Atomic Energy Agency. 1998-2015. URL: <https://www.iaea.org/sites/default/files/55405812728.pdf> (дата обращения: 7.March.2015).
2. Schmid E., Panzer W., Schlattl H., and Eder H. Emission of fluorescent x-radiation from non-lead based shielding materials of protective clothing: a radiobiological problem? // Journal of Radiological Protection, No. 32, 2012. pp. 129-139.
3. EGSnrc: software tool to model radiation transport: [сайт]. [2014]. URL: [http://www.nrc-cnrc.gc.ca/eng/solutions/advisory/egsnrc\\_index.html](http://www.nrc-cnrc.gc.ca/eng/solutions/advisory/egsnrc_index.html) (дата обращения: 7.March.2015).
4. Geant4 A toolkit for the simulation of the passage of particles through matter: [сайт]. [2015]. URL: <http://geant4.web.cern.ch/geant4/> (дата обращения: 7.March.2015).
5. MCBEND - A Monte Carlo Program for General Radiation Transport: [сайт]. [2015]. URL: <http://www.answerssoftwareservice.com/mcbend/> (дата обращения: 7.March.2015).